# True RMS-to-DC omvormers

**Met deze chip's kunt u nauwkeurig de effectieve waarde van een wisselspanning meten. Dat is van belang als de crest-factor van de spanning zo groot is dat uw digitale multimeter of oscilloscoop u in de steek laat. Bovendien kunt u er een lineaire dB-meter mee maken, ook heel interessant!**

**Auteur:** Jos Verstraten, Landgraaf, Nederland
**Email:** josverstraten@live.nl
**Publicatiedatum:** 13-05-2020

## Noodzakelijke achtergrondinformatie

**Waarom is de effectieve waarde belangrijk?**
Kennis van de effectieve waarde van een wisselspanning is belangrijk omdat u met deze grootheid het vermogen dat een wisselspanning in een verbruiker opwekt kunt berekenen. Lang geleden heeft men immers gedefinieerd dat een wisselspanning een effectieve waarde van X volt heeft als deze spanning even veel gemiddeld thermisch vermogen opwekt in een weerstand als een gelijkspanning van X volt.
Bovendien heeft men afgesproken dat men de grootte van een sinusvormige wisselspanning altijd definieert met haar effectieve waarde.

**Effectieve waarde meten met digitale meters**
Met de meeste moderne digitale multimeters en oscilloscopen kunt u de effectieve waarde, in het Engels '*True RMS*' genoemd, nauwkeurig meten. Aan deze meetmethode zijn echter grenzen gesteld. Die grenzen worden bepaald door de vorm van de wisselspanning. Die vorm bepaalt de verhouding tussen de maximale waarde en de effectieve waarde van de spanning. Als die verhouding te groot wordt, zullen de meeste meters en oscilloscopen grote fouten gaan vertonen bij het meten van de effectieve waarde.

**De crest-factor $C_r$ als maatstaf**
De genoemde verhouding gaat door het leven onder de naam '*crest-factor*' met als symbool $C_r$. Voor zuiver sinusvormig verlopende spanningen is de crest-factor gelijk aan 1,414. Voor andersvormige wisselspanningen kan de crest-factor afwijken van deze waarde:
- Driehoekspanning: $C_r$ = 1,732
- Zaagtandspanning: $C_r$ = 1,732
- Symmetrische blokspanning: $C_r$ = 1

Spanningen met dergelijke crest-factoren zullen door de meeste digitale meters nog steeds nauwkeurig worden gemeten. Dat wordt anders als u te maken krijgt met in fase aangesneden wisselspanningen of met pulsbreedte gemoduleerde signalen. Deze hebben crest-factoren die vaak meer dan tien bedragen. Uw digitale meters laten u dan in de steek en geven onzinnige meetresultaten.

**True RMS-to-DC omvormers brengen de oplossing**
In die digitale meters wordt de effectieve waarde op een digitale manier berekend. Het wisselspanningssignaal wordt op een zo hoog mogelijke frequentie bemonsterd om de golfvorm zo goed mogelijk vast te leggen. De RMS-waarde wordt dan berekend met behulp van de vierkantswortel van de gemiddelde waarde van de kwadraten van de afzonderlijke metingen. Een benaderende meetmethode die tegen haar eigen grenzen aanloopt als de

crest-factor van de wisselspanning te hoog is.
Gelukkig zijn er chip's ontwikkeld die de effectieve waarde van een wisselspanning meten door gebruik te maken van de natuurkundige of wiskundige achtergronden van het begrip '*effectieve waarde*'.
De chips's die door Analog Devices zijn ontwikkeld maken gebruik van een wiskundig analogon. Op deze manier wordt de fysische definitie van het begrip '*effectieve waarde*' zo goed mogelijk nagebouwd in de chip. Het gevolg is dat dergelijke IC's de wisselspanning omzetten in een gelijkspanning die gelijk is aan de effectieve waarde van de wisselspanning.
De chip die door Linear Technology is ontwikkeld gebruikt een thermisch principe om een gelijkspanning te genereren die gelijk is aan de echte effectieve waarde van de wisselspanning.

## De true RMS-to-DC omvormers van Analog Devices

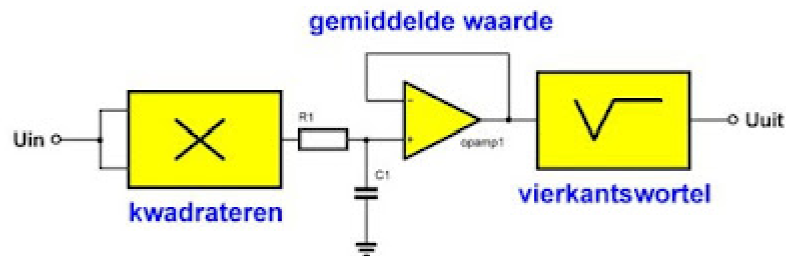
**Vier leverbare typen**
Op dit moment zijn nog vier true RMS-to-DC omvormers van Analog Devices goed leverbaar:
- AD737, richtprijs € 11,50, nauwkeurigheid 0,7 % bij $C_r$ = 3.
- AD736, richtprijs € 15,50, nauwkeurigheid 0,7 % bij $C_r$ = 3.
- AD636, richtprijs € 28,00, nauwkeurigheid 0,2 % bij $C_r$ = 3.
- AD536A, richtprijs € 35,00, nauwkeurigheid 0,1 % bij $C_r$ = 3.

**Het werkingsprincipe**
De werking van deze true RMS-to-DC IC's is nogal ingewikkeld en gebaseerd op het zuiver wiskundig verband dat bestaat tussen de effectieve waarde en de maximale waarde van dezelfde spanning. Dit wiskundig verband wordt gegeven in de formule van de onderstaande figuur. Als u deze wiskundige formule onder woorden interpreteert, is de effectieve waarde gelijk aan de vierkantswortel uit het gemiddelde van het kwadraat van de maximale waarde van de spanning en dit gemeten over één periode van de spanning. Men kan voor een wiskundige vergelijking een zogenoemd '*elektronisch analogon*' ontwerpen. Een elektronische schakeling die ingangsgrootheden zo wijzigt, dat de uitgangsgrootheid voldoet aan de wiskundige vergelijking die men wil namaken. De variabele elementen uit de formule (x, y, t) worden dan voorgesteld door de in- en uitgangsspanningen van de schakeling. Dat is een specifiek terrein voor analoge schakelingen!
Analoge schakelingen die kunnen kwadrateren, wortel trekken en het gemiddelde berekenen zij al lang bekend. Het komt er dus op een dit soort schakelingen tot een geheel te integreren in een chip.

$$U_{effectief} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T [U_t]^2 \cdot d_t}$$

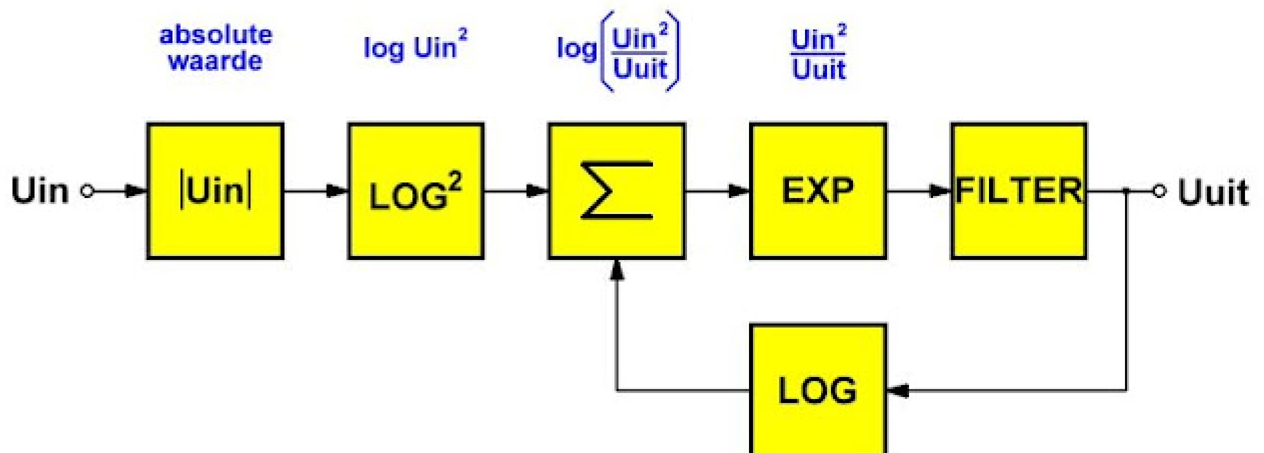
*De wiskundige uitdrukking die via een 'elektronisch analogon' wordt berekend.*
*(© 2020 Jos Verstraten)*

**Het blokschema van de true RMS omzetters van Analog Devices**
Basis van dergelijke schakelingen zijn logaritmische versterkers die, opgenomen in de terugkoppeling van een normale operationele versterker, die wiskundige analogieën kunnen uitvoeren. En dat is nu precies wat er gebeurt in de ingewanden van een true RMS-to-DC converter. Het theoretisch blokschema van zo'n omvormer is getekend in de onderstaande figuur.
De ingangsspanning wordt eerst gekwadrateerd, nadien wordt er door middel van een RC-netwerkje de gemiddelde waarde van bepaald, tot slot wordt de vierkantswortel uit het gemiddelde berekend.



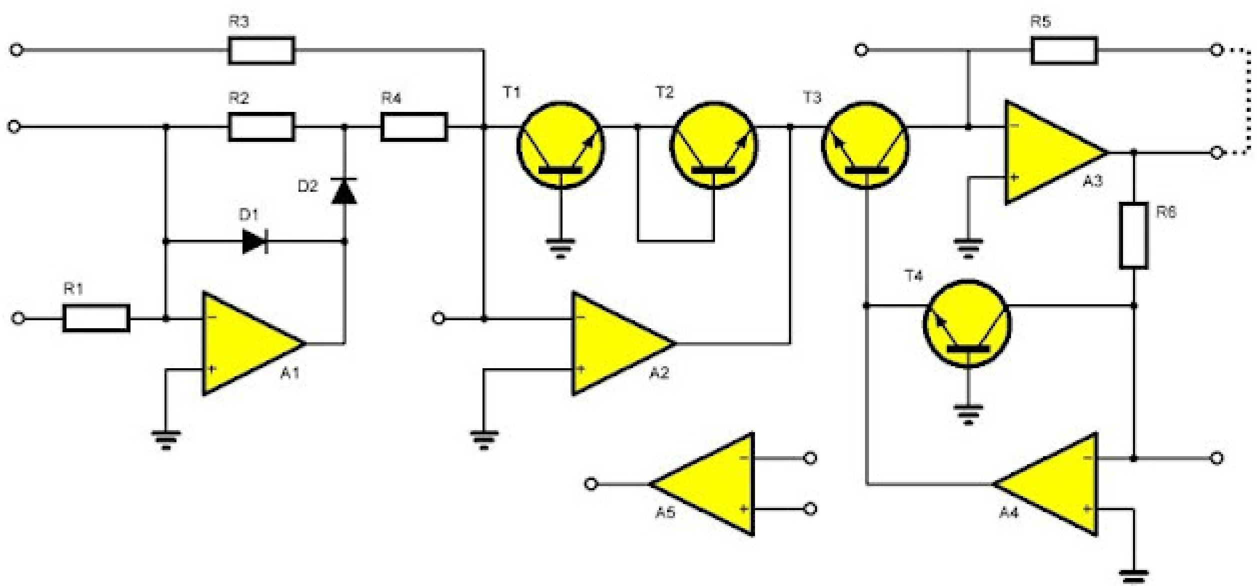
*Het blokschema van een true RMS omzetter van Analog Devices.*
*(© 2020 Jos Verstraten)*

In dit blokschema zitten echter een paar signaal omzettingen die niet zo gemakkelijk met discrete componenten zijn te realiseren. Vandaar dat het theoretische blokschema in de meeste gevallen wordt omgezet tot het blokschema dat in de onderstaande figuur is weergegeven.



*Een blokschema dat gemakkelijker is te realiseren. (© 2020 Jos Verstraten)*

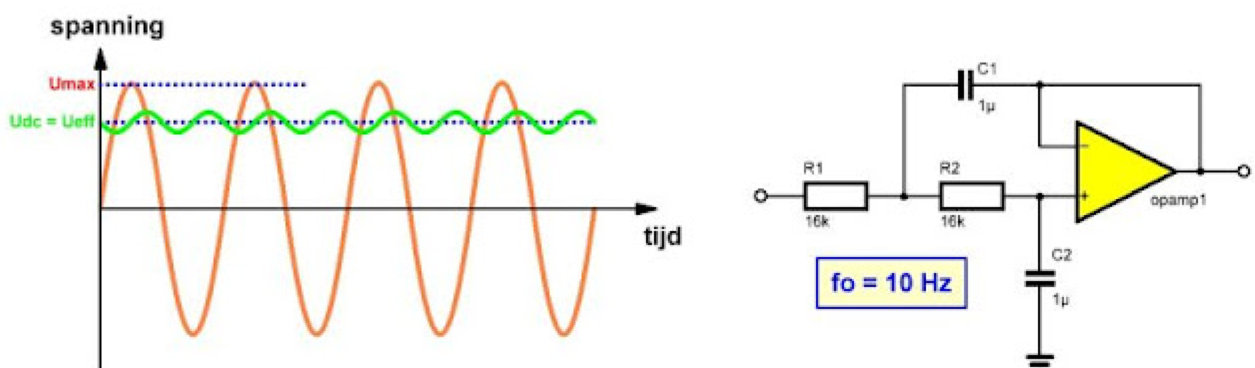
**De praktische vertaling van het blokschema**
Het blokschema kan (vereenvoudigd) vertaald worden tot het praktisch schema van de onderstaande figuur. Het wisselspanningssignaal aan de ingang wordt eerst door de schakeling rond A1 gelijkgericht. Zijn soortgenoot A2 voert een dubbele logaritmische functie uit, in samenwerking met de twee transistoren in de terugkoppeling. De exponentiële functie wordt verricht door A3 met de transistor in de ingangskring. A4 is verantwoordelijk voor de logaritmische functie in de terugkoppeling van het systeem. Het sommeren voor de ingang van de exponentiële trap wordt uitgevoerd door het ene signaal aan de emitter en het andere signaal aan de basis van de exponentiële trap aan te bieden.



*Basisschema van een true RMS-to-DC omzetter. (© 2020 Jos Verstraten)*

**Zeer interessant: per definitie een dB-uitgang!**
In de meeste IC's is nog een extra operationele versterker A5 aanwezig, die helemaal los staat van het eigenlijke systeem en die u kunt gebruiken om bepaalde uitgangssignalen te bufferen. Zo is het bijvoorbeeld, bepaald door de wiskundige werking van het systeem, zonder meer mogelijk om ergens in de schakeling een spanning af te takken die een logaritmische weergave is van de grootte van de ingangsspanning. U kunt deze spanning bufferen en gebruiken om een lineaire dB-meter te maken. Als u veel meet in audio-schakelingen kan dit feit een aansporing zijn om zo'n dure chip te kopen. Immers, uw multimeter heeft vast geen dB-meetfunctie waarmee u snel de doorlaatband van een audio-versterker kunt opmeten. Met zo'n AD-chip hebt u dat vrij snel voor elkaar.

**Uitgangsfiltering**
Het zal wel duidelijk zijn dat een true RMS-to-DC omvormer een gelijkspanning levert waarvan de grootte gelijk is aan de effectieve waarde van de wisselspanning aan de ingang. Op deze gelijkspanning zit echter een wisselspanningsrimpel. Deze rimpel heeft een frequentie die gelijk is aan het tweevoud van de frequentie van de wisselspanning aan de ingang, zie de onderstaande figuur.
Een zeer belangrijk onderdeel van de schakeling is dus het uitgangsfilter. Wie filter zegt, denk aan een condensator. Alle RMS-omvormers moeten extern voorzien worden van een filtercondensator. Deze condensator bepaalt de grootte van de rimpel die op de uitgangsspanning aanwezig is.
Hoe groter u de condensator maakt, hoe kleiner de rimpel op de uitgang en hoe beter u de gelijkspanning op de uitgang kunt meten. Maar een grotere condensator heeft wel als nadeel dat de schakeling veel trager reageert op spanningsvariaties aan de ingang. Het duurt dus langer voordat op de uitgang een gelijkspanning staat die gelijk is aan de effectieve waarde van de ingangsspanning. Die vertraging kan bij grote condensatoren oplopen tot een halve minuut!
Vandaar dat de meeste fabrikanten adviseren de condensator zo klein mogelijk te maken en de filtering te verbeteren door een actief laagdoorlaat filter van de tweede orde na te schakelen.
In de onderstaande figuur is een praktisch voorbeeld van een dergelijk filter getekend. Voor de operationele versterker kunt u uiteraard de extra trap in de RMS-omvormer gebruiken.



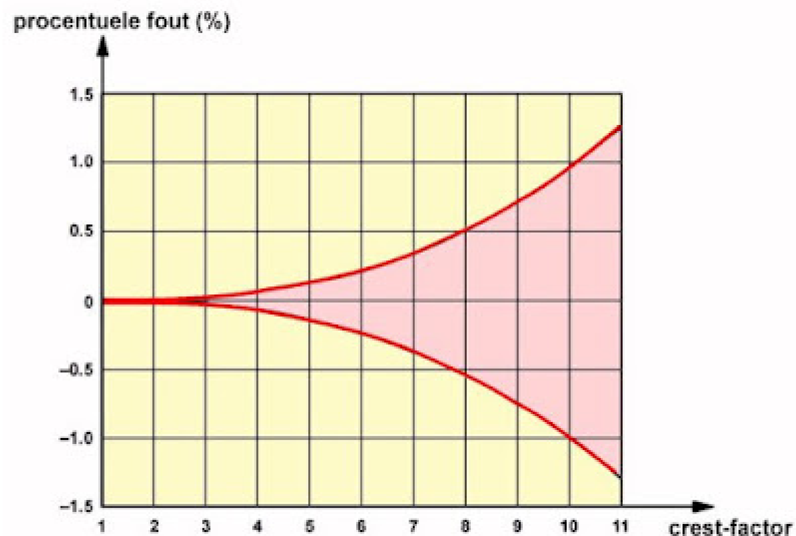

*Actieve uitgangsfiltering is noodzakelijk. (© 2020 Jos Verstraten)*

## Eigenschappen van de true RMS-to-DC omvormers van AD

**De nauwkeurigheid en lineariteit**
Deze factoren, ook de '*omzettingsfout*' genoemd, geven aan hoe de reële uitgangsspanning van de omzetter zich verhoudt tot de theoretisch berekende. De meeste IC's worden gedurende de fabricage afgeregeld op de gespecificeerde fout door middel van laser-trimming. De omzettingsfout wordt meestal aangegeven door de combinatie van een bepaald aantal mV offset-fout en een procentuele onnauwkeurigheid, zoals bijvoorbeeld ±20 mV, ±0,5 %. Bij alle schakelingen is het mogelijk deze fout te verkleinen door middel van externe

schakelingen.

**De crest-fout**
Zoals reeds geschreven kan de crest-factor van een wisselspanning variëren van 1 tot 10. Deze signalen kunnen zonder problemen met een true RMS-to-DC omvormer worden omgezet in een zeer nauwkeurige effectieve waarde meting. In de onderstaande grafiek is de nauwkeurigheid voorgesteld van de AD637. Geen enkele andere meetmethode (behalve de verder in dit artikel beschreven thermische methode) is in staat dergelijke prestaties te leveren.



*De invloed van de crest-factor op de omzettingsfout. (© 2020 Jos Verstraten)*

**De bandbreedte**
Uiteraard is de bandbreedte een zeer belangrijke specificatie voor iedere true RMS-to-DC omvormer. Deze grootheid geeft immers aan of u met de schakeling ook zonder problemen en grote fouten de effectieve waarde van bijvoorbeeld signalen van 100 kHz kunt meten. Aan de lage kant wordt de bandbreedte begrensd door de waarde van de filtercondensator. Hoe groter dit onderdeel, hoe beter de schakeling zeer lage frequenties verwerkt. Aan de hoge kant wordt de bandbreedte begrensd door de interne schakelingen van het IC.
De bandbreedte wordt meestal gespecificeerd door twee getallen:

- **De 3 dB frequentie:**
  Geeft de frequentie waarbij de uitgangsspanning met 3 dB gedaald is ten opzichte van de theoretische waarde.
- **De 1 % frequentie:**
  Geeft de frequentie waarbij de uitgangsspanning 1 % lager is dan de theoretische waarde.

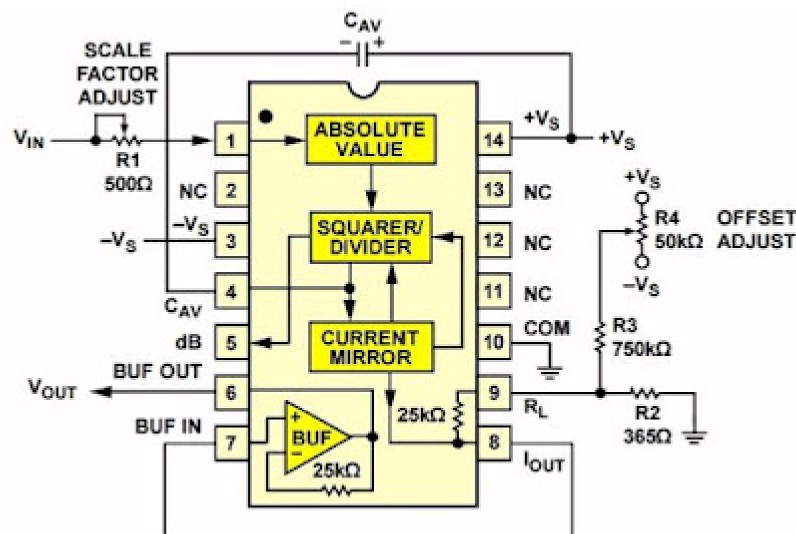
De bandbreedte van een RMS-omvormer is bovendien in sterke mate afhankelijk van de grootte van de ingangsspanning. Hoe groter deze spanning, hoe groter de bandbreedte! Een spanningsstijging van 100 mV naar 1 V heeft vaak een bandbreedte vergroting met een factor 5 tot gevolg.

## Voorbeeld schakelingen met de IC's van Analog Devices

**Aan de praktijk ontleend**
In de volgende paragrafen wordt een aantal praktische schakelingen met true RMS-to-DC omvormers van Analog Devices in het kort besproken. De schakelingen zijn bij elkaar gesprokkeld uit de databladen van de fabrikanten en de internationale vakpers. De schakelingen zijn betrouwbaar en kunnen door een geoefende elektronica hobbyist zonder

problemen worden nagebouwd.

**De basisschakeling rond een AD536A**
In de onderstaande figuur is de basisschakeling van een true RMS-to-DC omvormer getekend rond de AD536A van Analog Devices. Hieruit blijkt dat u maar vijf externe componenten nodig hebt! De te meten wisselspanning wordt via een weerstand R1 aan de ingang van het IC aangeboden. Uit de kleine waarde van deze weerstand volgt dat de schakeling een zeer lage ingangsimpedantie heeft. Vandaar dat u steeds een buffertrap moet voorschakelen. De waarde van de filtercondensator $C_{av}$ is een compromis tussen snelle reactie en nauwkeurigheid voor lage frequenties. Voor een condensator van 4,7 µF bedraagt de meetfout ongeveer 0,1 % bij 10 Hz. Beide voedingsspanningen moeten, zo dicht mogelijk bij de pennen van het IC, naar de massa ontkoppeld worden met condensatoren van 100 nF. De instelpotentiometer R4 wordt gebruikt om de offset van de schakeling te compenseren. Bij kortgesloten ingang regelt u dit onderdeel af op een uitgangsspanning van 0 V. Nadien kunt u met de instelpotentiometer R1 de schakeling ijken. Leg een gelijkspanning van precies 1,000 V aan de ingang en regel R1 af tot u dezelfde spanning op de uitgang meet.

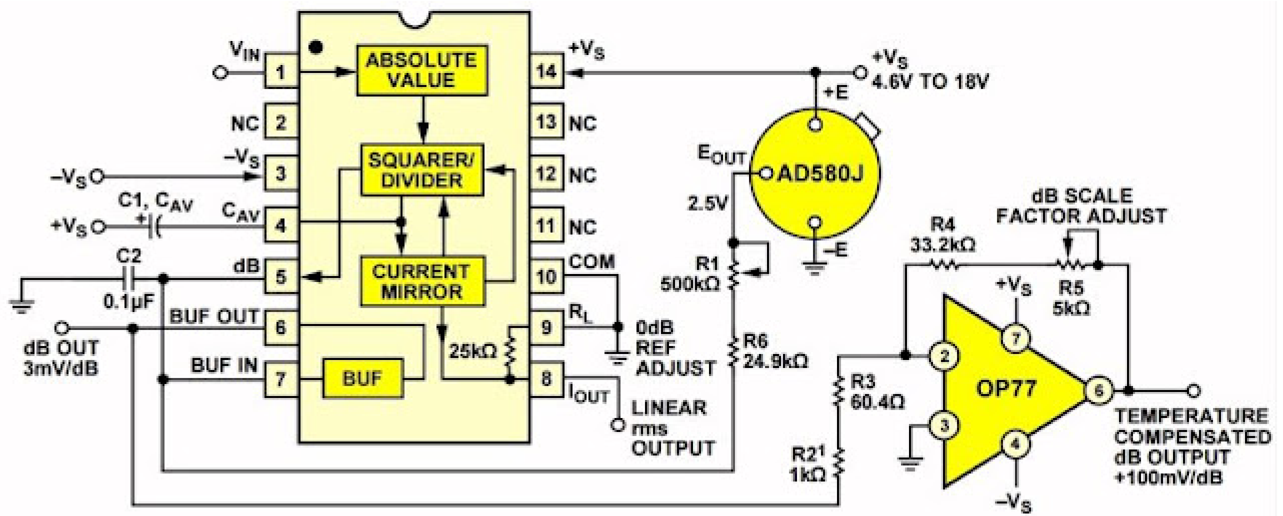


*Basisschakeling rond de AD 536. (© 2019 Analog Devices)*

**Een lineaire dB-meter met de AD536A**
De schakeling van de onderstaande figuur vormt het hart van een digitale dB-meter met een bereik van 60 dB en met het nulpunt bij 0,775 $V_{effectief}$. De schakeling levert een gelijkspanning met een schaalwaarde van +100 mV/dB. Het nulpunt van de meter wordt ingesteld met de potentiometer R1. De weerstand R2 moet een thermistor zijn met een temperatuurscoëfficiënt van +0,33 %/°C. Deze zorgt voor de temperatuursstabilisatie van de schakeling.
U moet de schakeling als volgt afregelen:

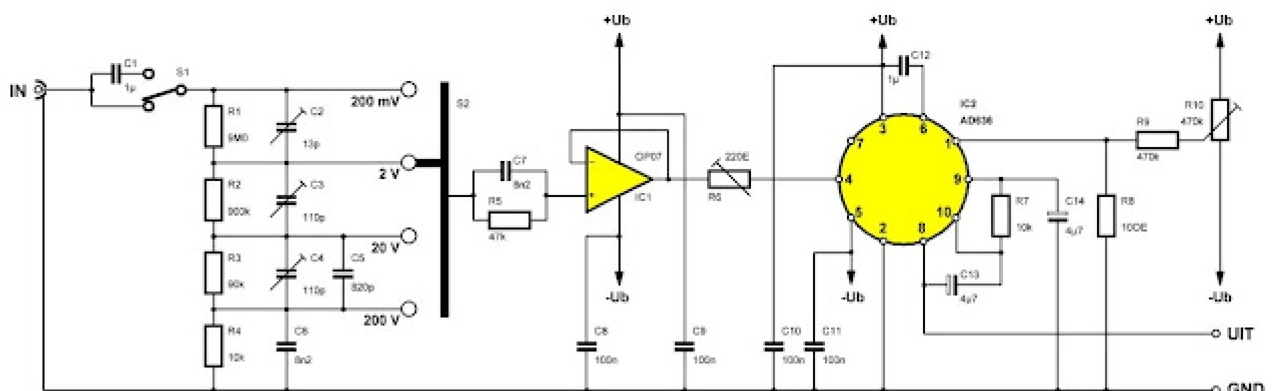
- Zet een gelijkspanning van exact 0,775 V op de ingang.
- Regel R1 af op 0 V aan de uitgang.
- Zet een gelijkspanning exact van 77,5 mV op de ingang.
- Regel R5 af op een uitgangsspanning van -2,00 V.

De OP77 kunt u vervangen door een LM741 of een CA3140.




*Een schakeling waarmee u een digitale voltmeter kunt omvormen tot dB-meter.*
*(© 2019 Analog Devices)*

**Analoge RMS-voltmeter met de AD636**
In de onderstaande figuur is het volledig uitgewerkt praktisch schema getekend van een true RMS-meter met volle schaal bereiken van 200 mV, 2 V, 20 V en 200 V. Na de keuzeschakelaar S1 voor het kiezen van alleen wisselspanning (AC) of wisselspanning die op een gelijkspanning is gesuperponeerd (DC) volgt de 1/9/90/900 spanningsdeler, die door middel van de condensatoren C2 tot en met C6 wordt frequentie gecompenseerd. Nadien volgt de meetbereiken schakelaar S2 en de buffer IC1. De OP07 is een operationele versterker met superieure specificaties, zeker wat betreft offset en bandbreedte. Nadien volgt de RMS-omzetter rond de AD636. De vrije op-amp in de AD636 wordt gebruikt voor het vormen van een tweede orde laagdoorlaatfilter met de condensatoren C13 en C14 en de weerstand R7.
Met de instelpotentiometer R6 kunt u de schaal ijken. Het netwerk R8, R9 en R10 zorgt voor het compenseren van de offset.



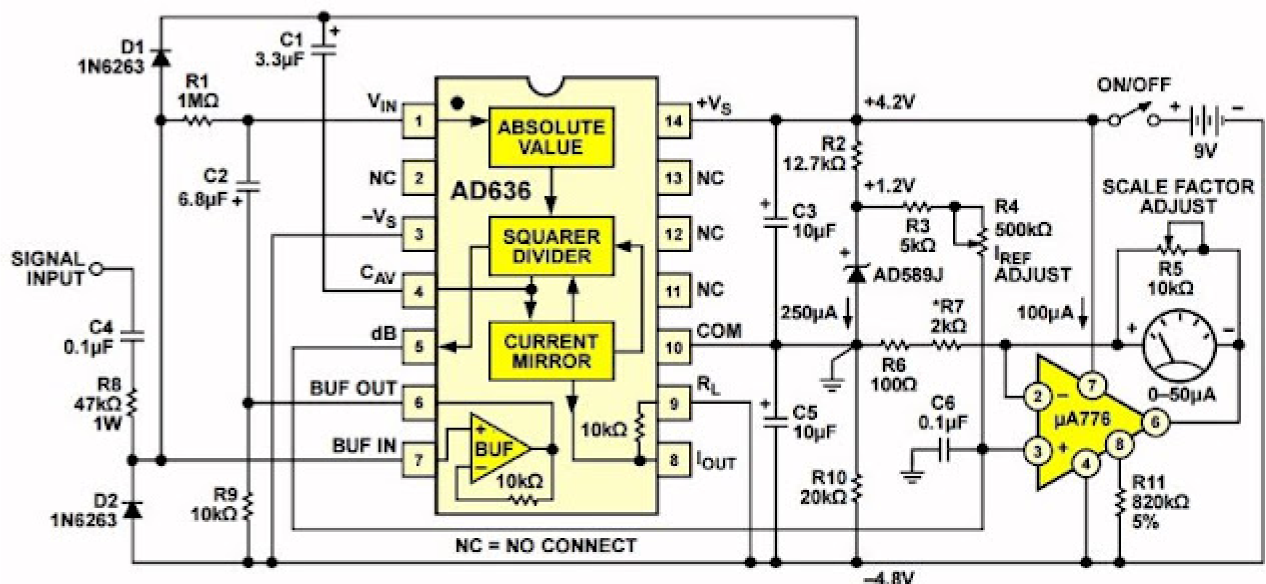

*Een analoge RMS-meter rond een AD636. (© 2020 Jos Verstraten)*

**Analoge dB-meter voor audio-toepassingen met AD636**
In de onderstaande figuur is een handige schakeling getekend, waarmee u heel snel de versterkingsfactor van een mengversterker, voorversterker of toonregeling kunt opsporen. De schakeling werkt als analoge dB-meter met volgende specificaties:

- **Instelling 0 dB**: 77 mV tot 770 mV
- **Meetbereik:** 50 dB
- **Ingangsimpedantie:** 10 GΩ
- **Nauwkeurigheid:** ±0,15 dB
- **Bandbreedte bij 0 dB:** 380 kHz
- **Bandbreedte bij -10 dB:** 370 kHz
- **Bandbreedte bij -20 dB:** 240 kHz
- **Bandbreedte bij -30 dB:** 100 kHz
- **Bandbreedte bij -40 dB:** 45 kHz
- **Bandbreedte bij -50 dB:** 17 kHz

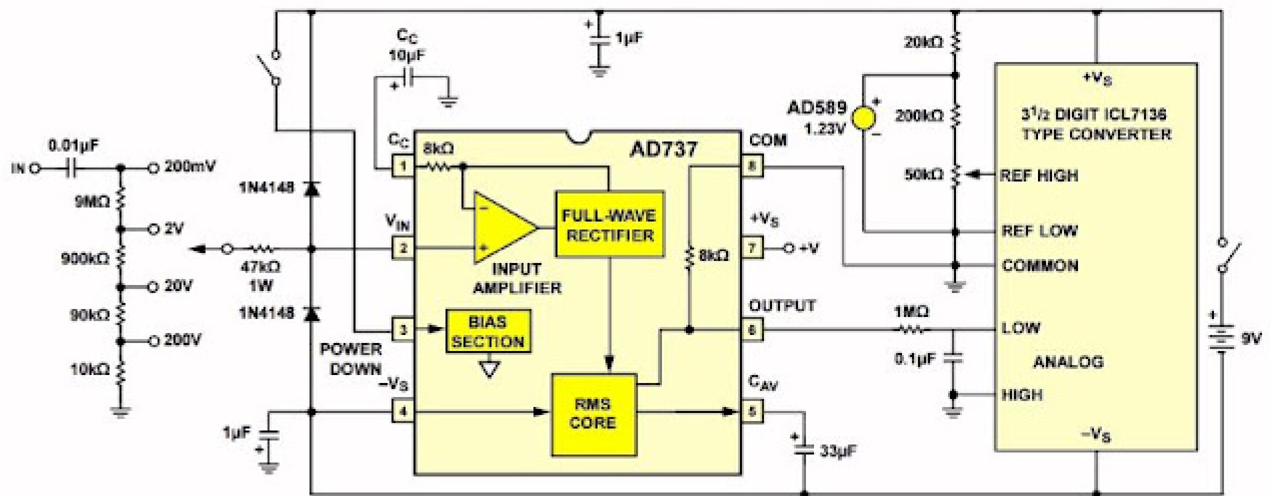
De schakeling wordt gevoed uit een batterijtje van 9 V. Hieruit worden twee ongeveer symmetrische spanningen van +4,4 V en -4,7 V afgeleid door middel van de weerstanden R2 en R10 en de referentiediode AD589. De ingangsspanning wordt AC-gekoppeld aangeboden aan de ingang van de bufferversterker in de AD636. De 1 W weerstand R8 en de twee dioden D1 en D2 beschermen de ingang tegen te hoge spanningen. De uitgang van de buffer gaat naar de eigenlijke ingang van de RMS-omzetter. De dB-uitgang van de AD636 gaat naar de niet-inverterende ingang van de operationele versterker µA776. Dit is een niet meer verkrijgbare op-amp die u uiteraard kunt vervangen door een 741. Aan dezelfde ingang wordt de referentiestroom toegevoerd die zorgt voor het instellen van het 0 dB punt. Voor de weerstand R7 moet een thermistor worden gebruikt met een temperatuurscoëfficiënt van +0,33 %/°C.
Het afregelen van de schakeling gaat als volgt:

- Leg aan de ingang een sinusvormige spanning met een frequentie van 1 kHz en een effectieve waarde die overeen komt met het gekozen 0 dB punt (bijvoorbeeld 775 mV).
- Regel R4 af tot de meter 0 V aanwijst.
- Verklein de spanning aan de ingang tot 7,75 mV.
- Regel R5 af tot de meter een stroom van 40 µA aanwijst.



*Een analoge dB-meter rond een AD636. (© 2019 Analog Devices)*

**Een goedkope en zuinige digitale RMS-meter met de AD737**
Tot slot van deze voorbeeld schakelingen geeft de onderstaande figuur het schema van een digitale RMS-meter die heel zuinig is in het gebruik. Hij is ook goedkoop, want er wordt gebruik gemaakt van de goedkoopste true RMS-to-DC omvormer van de serie, namelijk de AD737. Deze RMS-omvormer heeft een 'POWER DOWN'-voorziening waarmee de opgenomen stroom gereduceerd wordt tot 40 µA in plaats van de 160 µA werkstroom.
Zoals uit het schema blijkt heeft de schakeling maar één afregelpunt, namelijk de instelpotentiometer van 50 kΩ waarmee u het geheel ijkt. De symmetrische voeding wordt afgetakt van de interne schakelingen van de analoog naar digitaal converter ICL7136. De 'COMMON' van dit IC dient als massapunt van de gehele schakeling. Als u de schakelaar S1, die verbonden is met pen 3, sluit gaat de AD737 naar zijn 'POWER DOWN'-mode.



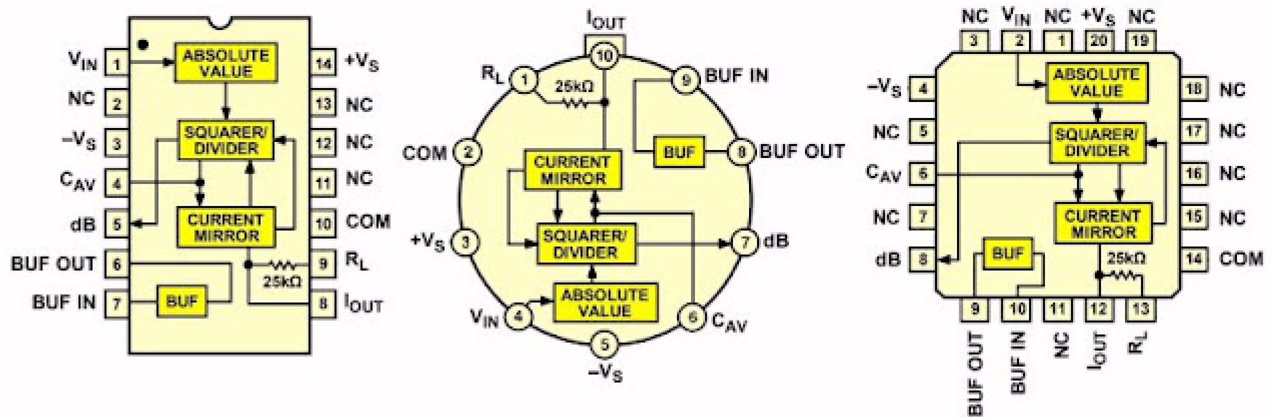

*Een goedkope digitale RMS-meter met de AD737. (© 2019 Analog Devices)*

## Korte type-beschrijving van de Analog Devices IC's

**Inleiding**
Het is niet de bedoeling alle vier leverbare true RMS-to-DC omvormers van Analog Devices in dit artikel uitgebreid te beschrijven. U kunt de datasheets downloaden op de site van de fabrikant. Om u echter te helpen bij de keuze van een voor uw applicatie geschikte omzetter zullen wij in de volgende vier paragraafjes de voornaamste eigenschappen van deze vier IC's in het kort samenvatten. Let er echter wel op dat iedere chip in diverse uitvoeringen wordt geleverd, die ieder iets andere nauwkeurigheidsklassen hebben.

**De AD536A**
Deze chip is leverbaar in de drie behuizingen die in de onderstaande figuur zijn voorgesteld: D-14, H-10 en E-20-1
De specificaties in het kort samengevat:

- **Voedingsspanning:** ±18 V max.
- **Voedingsstroom:** ±2 mA max.
- **Ingangsspanning:** 7 $V_{rms}$ max.
- **Ingangsimpedantie:** 13 kΩ min.
- **Nauwkeurigheid:** ±3 mV, ±0,3 %
- **Crest-fout bij $C_r$ = 3**: 0,1 %
- **Crest-fout bij $C_r$ = 7:** 1 %
- **1 % bandbreedte bij 1 V:** 120 kHz
- **1 % bandbreedte bij 100 mV:** 45 kHz
- **1 % bandbreedte bij 10 mV:** 5 kHz
- **3 dB bandbreedte bij 1 V:** 2,3 MHz
- **3 dB bandbreedte bij 100 mV:** 450 kHz
- **3 dB bandbreedte bij 10 mV:** 90 kHz
- **Tijdconstante:** 25 ms/µF
- **dB-uitgang:** -3 mV/dB
- **dB-fout:** ±0,5 dB tot ±0,2 dB (afhankelijk van suffix)



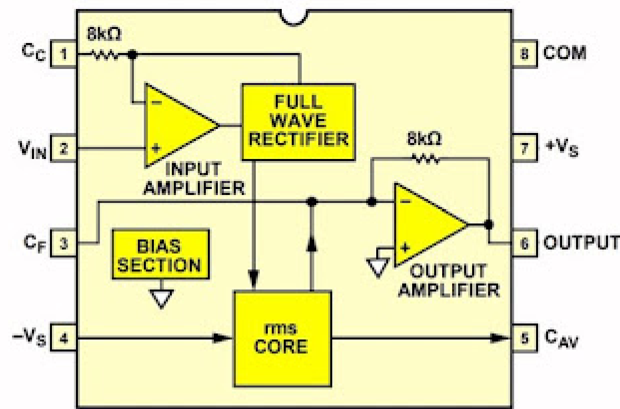
*Aansluitgegevens van de AD536A en AD636. (© 2019 Analog Devices)*

**De AD636**
Deze chip is leverbaar in twee behuizingen, D-14 en H-10, en heeft dezelfde aansluitingen als de AD536A.
De voornaamste specificaties in het kort samengevat:

- **Voedingsspanning:** ±16,5 V max.
- **Voedingsstroom:** ±1 mA max.
- **Ingangsspanning:** 200 $mV_{rms}$ max.
- **Ingangsimpedantie:** 5,3 kΩ min.
- **Nauwkeurigheid:** ±0,3 mV, ±0,1 %
- **Crest-fout bij $C_r$ = 3:** 0,2 %
- **Crest-fout bij $C_r$ = 6:** 0,5 %
- **1 % bandbreedte bij 200 mV:** 130 kHz
- **1 % bandbreedte bij 100 mV:** 90 kHz
- **1 % bandbreedte bij 10 mV:** 14 kHz
- **3 dB bandbreedte bij 200 mV:** 1,5 MHz
- **3 dB bandbreedte bij 100 mV:** 900 kHz
- **3 dB bandbreedte bij 10 mV:** 100 kHz
- **Tijdconstante:** 25 ms/µF
- **dB-uitgang:** -3 mV/dB
- **db-fout:** ±0,3 dB tot ±0,1 dB (afhankelijk van suffix)

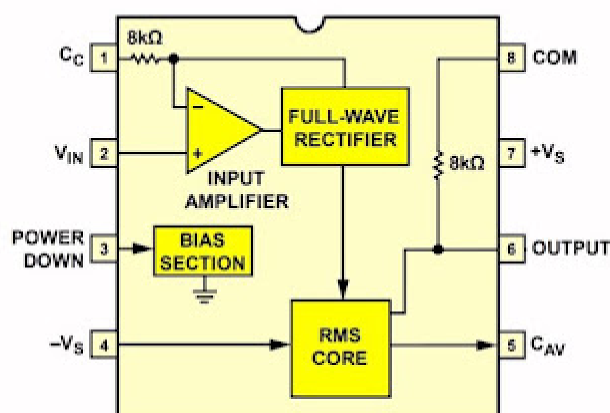
**De AD736**
Dit IC is alleen leverbaar in de 8-pens behuizingen PDIP, SOIC, and CERDIP, waarvan de aansluitgegevens in de onderstaande figuur zijn samengevat. Dank zij de ingangsbuffer heeft deze omvormer een zeer hoge ingangsimpedantie.
De voornaamste specificaties in het kort samengevat:

- **Voedingsspanning:** ±16,5 V max.
- **Voedingsstroom:** ±0,2 mA max.
- **Ingangsspanning:** 200 $mV_{rms}$ max.
- **Ingangsimpedantie:** $10^{12}$ Ω typisch
- **Nauwkeurigheid:** ±0,1 mV, ±0,5 %
- **Crest-fout bij $C_r$ = 3:** 0,7 %
- **Crest-fout bij $C_r$ = 5:** 2,5 %
- **1 % bandbreedte bij 200 mV:** 33 kHz
- **1 % bandbreedte bij 100 mV:** 37 kHz
- **1 % bandbreedte bij 10 mV:** 6 kHz
- **3 dB bandbreedte bij 200 mV:** 190 kHz
- **3 dB bandbreedte bij 100 mV:** 170 kHz
- **3 dB bandbreedte bij 10 mV:** 55 kHz
- **Tijdconstante:** niet gespecificeerd
- **dB-uitgang:** niet van toepassing
- **db-fout:** niet van toepassing



*Aansluitgegevens van de AD736. (© 2019 Analog Devices)*

**De AD737**
Dit is een low-cost versie van de AD736, met echter geen uitgangsversterker maar wel met een 'Power Down'-optie. Dit IC wordt geleverd in 8-pens behuizingen PDIP en SOIC, zie onderstaande figuur.
De voornaamste specificaties van dit IC:
- **Voedingsspanning:** ±16,5 V max.
- **Voedingsstroom:** ±0,16 mA max.
- **Ingangsspanning:** 200 mVrms max.
- **Ingangsimpedantie:** $10^{12}$ Ω typisch
- **Nauwkeurigheid:** ±0,1 mV, ±0,2 %
- **Crest-fout bij $C_r$ = 3:** 0,7 %
- **Crest-fout bij $C_r$ = 5:** 2,5 %
- **1 % bandbreedte bij 200 mV:** 33 kHz
- **1 % bandbreedte bij 100 mV:** 37 kHz
- **1 % bandbreedte bij 10 mV:** 6 kHz
- **3 dB bandbreedte bij 200 mV:** 190 kHz
- **3 dB bandbreedte bij 100 mV:** 170 kHz
- **3 dB bandbreedte bij 10 mV:** 55 kHz
- **Tijdconstante**: niet gespecificeerd
- **dB-uitgang:** niet van toepassing
- **db-fout:** niet van toepassing



*Aansluitgegevens van de AD737. (© 2019 Analog Devices)*

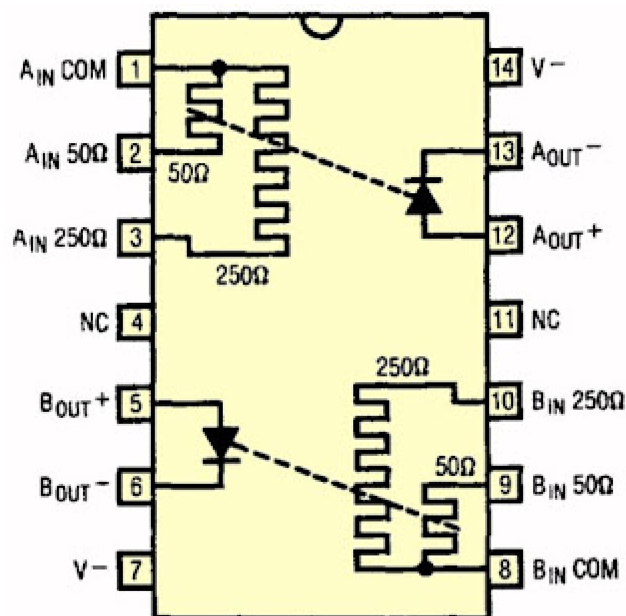
## De LT1088 omvormer van Linear Technology

**Opmerking vooraf**
Laten wij beginnen met de mededeling dat dit zeer speciaal IC '*obsolete*' is en dus niet meer wordt gemaakt. Maar zoals met veel IC's die niet meer worden gemaakt, is de LT1088 nog

wél beschikbaar via de bekende Internet-kanalen zoals eBay, Alibaba en AliExpress. De prijs is aan de hoge kant: u betaalt minstens € 50,00 voor één exemplaar.
Het thermisch principe waarmee dit IC werkt laat echter veel nauwkeuriger en breedbandiger metingen toe dan het door Analog Devices gebruikte wiskundig principe, waarbij met logaritmische versterkers wordt gewerkt. Met de Linear Technology techniek kunt u signalen verwerken met crest-factoren tussen 1 en 50, met een dynamisch bereik van 1 op 20 en met een bandbreedte tot 100 MHz.

**Werking van de schakeling**
De LT1088 is een breedbandige effectieve waarde meter, die werkt volgens het thermisch principe. De te meten ingangsspanning wordt naar een verwarmingselementje gestuurd. Het verwarmingselement staat in innig thermisch contact met een Si-diode. Dit onderdeel kan gebruikt worden voor het meten van de temperatuur van het element. Een tweede identiek verwarmingselementje wordt gestuurd met een instelbare gelijkspanning tot de temperatuur identiek is aan de temperatuur van het eerste elementje. Hiervoor is een tweede identieke Si-diode aangebracht, die opgenomen kan worden in de terugkoppeling van een regelsysteem.

**De LT1088 in detail**
De schakeling, waarvan het intern schema en de aansluitgegevens in de onderstaande figuur zijn getekend, heeft twee ingangsweerstanden van 50 Ω en 250 Ω, zodat u diverse HF-signaalbronnen zonder impedantie omvormers rechtstreeks op het IC kunt aansluiten.
Aan de $A_{IN}$ en $B_{IN}$ pennen worden ofwel de te meten ingangsspanning, ofwel de teruggekoppelde gelijkspanning gelegd. De schakeling is volledig symmetrisch, het maakt dus niets uit welk element u gebruikt voor de ingangsspanning en welk voor de teruggekoppelde gelijkspanning. De maximale spanningen over de elementen mag niet groter zijn dan 40 V. De $A_{IN}$-COM en $B_{IN}$-COM ingangen worden met de massa verbonden. De twee sensordioden worden gevoed met een stroom van (aanbevolen waarde) 5 mA. Alle pennen van de schakeling zijn via parasitaire dioden met de $V^-$ aansluiting verbonden. Het zal duidelijk zijn dat deze dioden in sper ingesteld moeten blijven, waaruit volgt dat de $V^-$ pen op de laagste spanning van het gehele systeem moet staan.



*Aansluitgegevens van de LT1088. (© Linear Technology)*

**Thermische karakteristieken**
De LT1088 is extreem gevoelig voor externe temperatuursinvloeden. Hoe kleiner de te meten ingangsspanning, hoe meer dit aspect gaat spelen. Het IC moet ondergebracht worden in een omgeving die volledig in thermisch evenwicht is en die vrij is van luchtstromen. Dit aspect is vooral belangrijk bij apparatuur die via een interne ventilator gekoeld wordt. Alle onderdelen die thermisch vermogen dissiperen mogen niet in de omgeving van de LT1088 worden aangebracht. Het is absoluut verboden de LT1088 te voorzien van een koelplaatje!

Het maximaal vermogen dat in de chip gedissipeerd mag worden bedraagt 375 mW met een piekbelasting van 475 mW gedurende 30 seconde. Deze gegevens gelden voor een omgevingstemperatuur van 25 °C.
De thermische tijdconstante van het IC zorgt voor een automatisch laagdoorlaat filter. Hoewel de onderste meetfrequentie ook gedeeltelijk bepaald wordt door de tijdconstante van de externe regelschakeling, zult u in de meeste gevallen bij frequenties van ongeveer 50 Hz merken dat het uitgangssignaal niet geheel vrij is van wisselspanningscomponenten.

**Eenvoudige schakeling rond de LT1088**
De onderstaande figuur geeft de door de fabrikant voorgeschreven schakeling rond de LT1088. De met een sterretje aangeduide weerstanden zijn metaalfilm exemplaren. De met twee sterretjes aangegeven onderdelen verbeteren de instellingstijd van de schakeling. De asymmetrische eigenschappen van de sensor-dioden kunnen gecompenseerd worden met behulp van de instelpotentiometer van 500 Ω. Deze moet afgeregeld worden bij een ingangssignaal met een waarde die gelijk is aan een/tiende van de volle schaalwaarde. De uitgangsversterker wordt aangesloten op een tweede instelpotentiometer (10 kΩ) waarmee u de volle schaal waarde kunt afregelen.
Deze schakeling heeft de volgende eigenschappen:

- **Nauwkeurigheid:** beter dan 2 % tot 100 MHz
- **Dynamisch bereik:** 20/1
- **Tempco:** 100 ppm/°C
- **Meetbare crest-factor:** 1 tot 50
- **3 dB bandbreedte:** 300 MHz
- **Insteltijd tot 1 % eindwaarde:** 500 ms
- **Maximale spanning op 50 Ω ingang:** 4,25 V
- **Maximale spanning op 250 Ω ingang:** 9,5 V

Als u in plaats van de 50 Ω ingang (pen 2) de 250 Ω ingang (pen 3) gebruikt, moet u ook de terugkoppeling omschakelen van pen 9 naar pen 10.




*De eenvoudigste schakeling rond de LT1088. (© Linear Technology)*